

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
18 janvier 2001 (18.01.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 01/05014 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup>: **H02J 7/00**

(21) Numéro de la demande internationale:  
PCT/FR00/01726

(22) Date de dépôt international: 21 juin 2000 (21.06.2000)

(25) Langue de dépôt: français

(26) Langue de publication: français

(30) Données relatives à la priorité:  
99/09021 12 juillet 1999 (12.07.1999) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US):  
**ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE NA-  
TIONAL** [FR/FR]; 2, rue Louis Murat, F-75008 Paris  
(FR). **SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES S.A.**  
[FR/FR]; 89, boulevard Franklin Roosevelt, F-92500  
Rueil-Malmaison (FR).

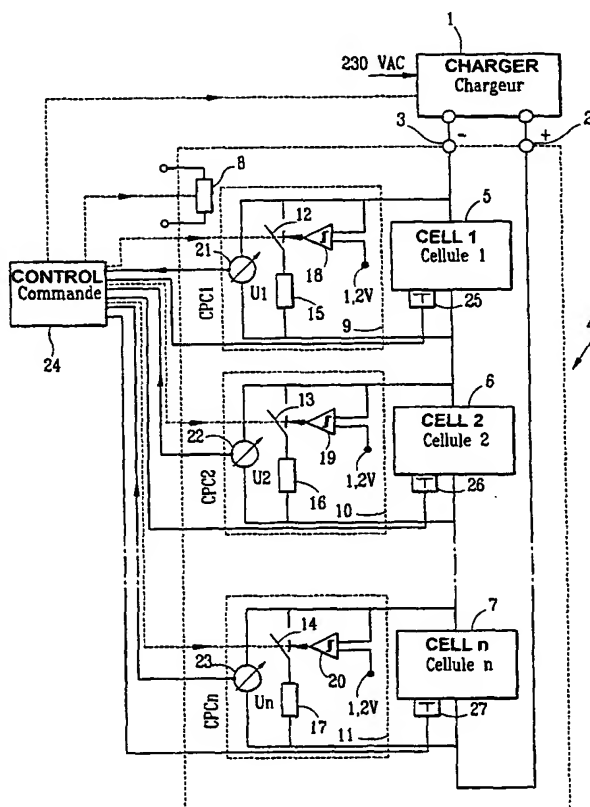
(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement): **LAS-  
CAUD, Stéphane** [FR/FR]; 25, rue des Sablons, F-77300  
Fontainebleau (FR). **BAUDOIN, Eric** [FR/FR]; 50,  
avenue de la Gare, F-77250 Veneux-les-Sablons (FR).  
**BETTEGA, Eric** [FR/FR]; 2, Lotissement de la Garde,  
F-38120 Le Fontanil Cornillon (FR). **BARRAULT, Michel**

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CHARGING SEVERAL ELECTROCHEMICAL CELLS

(54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF DE CHARGE DE PLUSIEURS CELLULES ELECTROCHIMIQUES



(57) Abstract: The invention concerns a method for charging several electrochemical cells (5, 6, 7), connected in series, to a charger (1) for adjusting the voltage and the charging current. The method consists in: permanently detecting the voltage of each cell and when a first cell reaches a pre-determined voltage threshold, applying an increment to the charging current of said several cells (5, 6, 7) and simultaneously connecting in parallel to said first cell, a shunt arm of a current equivalent to the increment of the charging current of said several cells (5, 6, 7) and when each of the following cells reaches said voltage threshold, connecting also in parallel to said cell, a shunt arm of a current equivalent to the increment of the charging current of said several cells (5, 6, 7). The invention is applicable to the use of accumulator systems for powering electric vehicles and thermal vehicles with self-contained electric mode.

(57) Abrégé: Dans ce procédé de charge de plusieurs cellules (5, 6, 7) électrochimiques, connectées en série, à un chargeur (1) permettant le réglage de la tension et du courant de charge, on détecte en permanence la tension de chaque cellule et lorsqu'une première cellule atteint un seuil de tension prédéterminée, on applique un incrément au courant de charge desdites plusieurs cellules (5, 6, 7) et simultanément on branche en parallèle à ladite première cellule, une résistance de dérivation d'un courant équivalent à l'incrément du courant de charge desdites plusieurs cellules (5, 6, 7) et lorsque chacune des cellules suivantes atteint ledit seuil de tension, on branche également en parallèle à cette cellule, une résistance de dérivation d'un courant égale à l'incrément du courant de charge desdites plusieurs cellules (5, 6, 7). L'invention

[Suite sur la page suivante]

WO 01/05014 A1



[FR/FR]; La Berade, F-38520 St Christophe-en-Oisans (FR).

(74) Mandataires: JACOBSON, Claude etc.; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).

(81) États désignés (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés (*régional*): brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée:**

— Avec rapport de recherche internationale.

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

1

Procédé et dispositif de charg<sup>1</sup> de plusieurs cellules électrochimiques.

La présente invention concerne un procédé de charge de plusieurs cellules électrochimiques, notamment des cellules Lithium-Polymère, connectées en série, un moyen de charge, permettant le réglage de la tension et du courant de charge.

5 L'invention s'applique notamment à l'utilisation des systèmes d'accumulateurs pour la traction des véhicules électriques (2,3 et 4 roues) et des véhicules thermiques avec autonomie en mode électrique, où il est souhaitable d'optimiser la charge des cellules afin d'augmenter le rayon d'action et l'autonomie du véhicule mais aussi de réduire le temps de charge en vue d'une  
10 augmentation de la disponibilité du véhicule.

Selon un procédé connu, on détecte en permanence l'état de charge de chaque cellule et lorsqu'une cellule a atteint un seuil de tension prédéterminé, on dérive le courant alimentant cette cellule.

Un système d'accumulateurs électrochimiques (appelé « batterie »)  
15 pour véhicule électrique est constitué de sous-ensembles élémentaires connectés en mode série permanent, appelés « cellules » dans le cas où leur tension unitaire est comprise entre 1 V et 4 V suivant la technologie d'accumulateur ou « modules » si la tension de l'assemblage série des cellules est comprise entre 6 V et 50 V.

20 Un dispositif de charge (extérieur à la batterie) est utilisé pour recharger la batterie. Il est raccordé au réseau de distribution d'énergie électrique, et dispose d'un système de communication avec chaque module. Ce système de communication permet de piloter la charge (lois, consignes) de la batterie.

25 Le procédé de charge de batterie connu s'effectue en règle générale en deux étapes :

La première étape consiste à charger le plus rapidement possible la batterie soit à courant constant ( $I_a$ ) soit à puissance constante ( $W_a$ ). Cette charge s'achève lorsque la batterie atteint un seuil de tension haut déterminé à  
30 l'avance.

La deuxième étape consiste à finir la charge soit à courant constant réduit ( $I$ ) soit à puissance constante réduite ( $W$ ).

Une variante de la deuxième étape de ce procédé de charge consiste à charger la batterie à potentiel constant ( $U$ ), en laissant décroître le courant de charge jusqu'à un seuil de courant minimum.

5 Ce procédé présente l'inconvénient que l'état de charge de la batterie ne peut être contrôlé que globalement. Il ne permet pas non plus de maximiser l'état de charge de toutes les cellules sans surcharger certaines d'entre elles.

Afin d'optimiser la charge des cellules et des modules qui composent la batterie, un procédé connu de contournement total du courant de charge de chaque cellule était proposé. Son rôle est de permettre la charge des cellules  
10 non chargées sans surcharger les cellules qui sont déjà chargées. La charge des cellules est dans ce cas individualisée.

La mise en oeuvre des dispositifs pour la réalisation d'un procédé de contournement total du courant de charge de chaque cellule ou de chaque module induit : en premier lieu, un surcoût lié à l'utilisation de composants  
15 d'électroniques de puissance et de régulation, et en second lieu, un surpoids par la présence d'un système de refroidissement avec liquide.

L'invention a pour but de créer un procédé qui permet d'optimiser la charge d'une façon économique et fiable et avec une installation de poids réduit.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de charge de plusieurs  
20 cellules électrochimiques, notamment des cellules Lithium-Polymère, connectées en série, à un chargeur permettant le réglage de la tension et du courant de charge, procédé dans lequel on détecte en permanence la tension de chaque cellule et lorsqu'une cellule a atteint un seuil de tension prédéterminé, on dérive le courant de cette cellule, caractérisé en ce que lorsqu'une première cellule  
25 atteint le seuil de tension, on applique un incrément au courant de charge desdites plusieurs cellules et simultanément on branche en parallèle à ladite cellule, une résistance de dérivation d'un courant équivalent à l'incrément du courant de charge desdites plusieurs cellules et en ce que lorsque chacune des cellules suivantes atteint ledit seuil de tension, on branche également en  
30 parallèle à cette cellule, une résistance de dérivation d'un courant égal à l'incrément du courant de charge desdites plusieurs cellules.

En outre l'invention peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- à partir du moment où l'incrément est appliqué au courant de charge desdites plusieurs cellules, si la partie du courant non dérivé provoque un surcharge dans une des cellules qui a atteint le seuil de tension, on applique au moins un décrétement au courant de charge jusqu'à ce que la tension de ladite
- 5 cellule soit de nouveau égale au seuil de tension,
- le courant qu'on dérive est compris entre 1% à 30% et de préférence de 5% à 15% du courant de charge de toutes les cellules,
- le courant de charge de toutes les cellules est calculé en fonction de la température de chacune des cellules,
- 10 - si la température d'une au moins des cellules est en dehors d'une plage de températures souhaitée, on chauffe ou on laisse refroidir les cellules jusqu'à ce que leur température soit dans la zone souhaitée,
- la plage de températures est comprise entre 40°C et 110°C, et de préférence entre 50°C et 100°C,
- 15 - le courant de charge est calculé selon la formule :  $I_{\text{charge}} = A \exp \left[ \frac{-B}{2T} \right] \cdot S$  où S est la surface libre des cellules à charger, A est compris entre  $80 \frac{\text{mA}}{\text{cm}^2}$  et  $150 \frac{\text{mA}}{\text{cm}^2}$ , et de préférence entre  $105 \frac{\text{mA}}{\text{cm}^2}$  et  $110 \frac{\text{mA}}{\text{cm}^2}$  et B est compris entre 4200 K et 4800 K, et de préférence entre 4400 K et 4600 K,
- la capacité surfacique de chaque cellule est calculée selon la formule
- 20  $C_{\text{max\_charge}} = \frac{(\alpha T + \beta) \cdot S}{I_{\text{charge}}}$  où  $\alpha$  est égal à  $0,01 \frac{\text{mA}^2}{\text{Kcm}^4}$  et  $\beta$  est compris entre  $3,3 \frac{\text{mA}^2}{\text{cm}^4}$  et  $3,2 \frac{\text{mA}^2}{\text{cm}^4}$ , et de préférence entre  $3,24 \frac{\text{mA}^2}{\text{cm}^4}$  et  $3,26 \frac{\text{mA}^2}{\text{cm}^4}$ ,
- S est la surface de chaque cellule exprimée en  $\text{cm}^2$  et  $I_{\text{charge}}$  est le courant de charge suivant la formule précitée et le temps de charge est compris entre 5 et 15 heures, de préférence entre 7 et 10 heures,
- 25 - avant qu'une cellule ait atteint le seuil de tension et lorsque l'écart de tension entre cette cellule et une cellule ayant une tension de charge minimale est supérieur à une valeur prédéterminée, on dérive une partie du courant de charge de cette cellule,
- l'écart de tension est compris entre 10 mV et 200 mV.

L'invention a également pour objet un dispositif de charge de plusieurs cellules électrochimiques, notamment des cellules Lithium-Polymère, connectées en série à un chargeur permettant le réglage de la tension et du courant de charge, pour la mise en oeuvre du procédé précité comprenant des moyens de  
5 détection de la tension de chaque cellule, des moyens de dérivation de courant de chaque cellule, des moyens de connexion desdits moyens de dérivation à chaque cellule, et comporte des moyens de comparaison de la tension de chaque cellule à un seuil de tension, des moyens d'application d'un incrément au courant de charge desdites plusieurs cellules lorsque la tension dans l'une  
10 desdites plusieurs cellules atteint un seuil de tension et des moyens de dérivation d'une partie du courant équivalent à l'incrément.

Le dispositif peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- les moyens de détection de la tension de chaque cellule  
15 comprennent un capteur de tension, associé à chaque cellule, les moyens de dérivation de courant de chaque cellule comprennent une résistance, associée à chaque cellule, les moyens de connexion desdits moyens de dérivation comprennent un déclencheur, associé à chaque cellule, les moyens de comparaison de tension comprennent un capteur de tension associé à chaque  
20 cellule relié à une unité de commande, qui pilote lesdits déclencheurs, les moyens d'application d'un incrément au courant de charge comprennent ladite unité de commande,

- l'unité de commande comprend en outre des moyens de comparaison des sorties des capteurs de température de chaque cellule à un  
25 seuil de température.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

- la Figure 1 est une représentation schématique d'un dispositif pour la  
30 mise en oeuvre du procédé selon l'invention ;

- la Figure 2 est un organigramme du procédé de chargement de batterie suivant l'invention; et

- la Figure 3 est un graphique représentant la variation de la tension et du courant dans le temps dans un dispositif de la Figure 1.

Sur la Figure 1, est représenté un ensemble utilisé pour la mise en oeuvre du procédé de l'invention.

Ce dispositif comporte un chargeur 1 qui est relié aux bornes positive 2 et négative 3 d'un module 4. Ce module formant soit la totalité, soit une partie  
5 d'une batterie. Le module contient n cellules électrochimiques, du type Lithium-Polymère, dont les deux premières 5,6 et la dernière 7 sont représentées. Lesdites n cellules sont connectées l'une à l'autre en série, un pôle de la cellule 5 et de la cellule 7 étant raccordés respectivement aux bornes 2,3 du module et par conséquent au chargeur 1.

10 Le module 4 comporte en outre un élément de chauffage 8 à résistance reliée à une source d'énergie non-représentée.

A chaque cellule du module est connecté en parallèle un système de contournement partiel 9,10,11 comportant un déclencheur de dérivation 12,13,14 et une résistance 15,16,17 connectée en série avec le déclencheur de dérivation  
15 correspondant.

Chacun de ces systèmes de contournement partiel 9,10,11 comporte en outre un comparateur de tension 18,19,20 qui est relié au côté négatif de la cellule et à une source de tension référence de 1,2 V, et qui permet d'actionner le déclencheur de dérivation 12,13,14 associé.

20 Dans chaque système de contournement partiel 9,10,11, un capteur de tension 21,22,23 est relié en parallèle à la résistance 15,16,17 et au déclencheur de dérivation 12,13,14, et permet de mesurer la tension de la cellule associée. Ce capteur transmet la valeur de la tension à une interface de communication 24.

25 Cette interface de communication 24 reçoit aussi des informations de capteurs de température 25,26,27 reliés à chaque cellule.

Ainsi, l'interface de communication 24 a connaissance de la température et de la tension de chaque cellule 5,6,7.

L'interface de communication 24 est reliée par une ligne pilote à  
30 l'élément de chauffage 8 et, par une autre ligne pilote au chargeur 1, ce qui lui permet de commander le courant de charge, la tension de charge, ainsi que l'amenée de chaleur dans le module par l'élément à résistance 8.

En outre, l'interface de communication 24 commande chacun des déclencheurs de dérivation 12,13,14 par des lignes pilotes correspondantes.

Le dispositif fonctionne de la façon suivante :

Lorsque le chargeur 1 est connecté au module 4, l'interface de commande 24 commence à mesurer la température de chaque cellule 5,6,7 au moyen des capteurs de température 25,26,27.

5 Si la température d'une des cellules est supérieure à une température de seuil (110°C en cas de cellule au Li-Polymère), l'interface de commande 24 arrête l'élément chauffant 8 et attend que la température ait baissé sous la température de seuil. Dans le cas d'une température trop faible l'interface de commande 24 déclenche le chauffage par l'élément à résistance 8 et attend que  
10 la température ait atteint la température de seuil minimum (70°C en cas de cellules Li-Polymères).

Quand toutes les cellules ont une température acceptable, l'interface de commande 24 donne l'instruction au chargeur 1 de charger le module 4 avec un courant de charge qui est calculé par l'interface en fonction de la température  
15 du module.

$$I_{\text{charge}} = A \exp \left[ \frac{-B}{2T} \right] \cdot S$$

où A est compris entre 80 mA/cm<sup>2</sup> et 150 mA/cm<sup>2</sup>, et de préférence entre 105 mA/cm<sup>2</sup> et 110 mA/cm<sup>2</sup> et B est compris entre 4200 K et 4800 K, et de  
20 préférence entre 4400 K et 4600 K.

S est la surface de lithium développée par chaque cellule exprimée en cm<sup>2</sup>.

Le module est chargé avec un courant I<sub>charge</sub>. Pendant la charge, le courant de charge est recalculé et mis au point en fonction de la température  
25 des cellules, à des intervalles de quelques secondes.

Lors de cette phase de charge, l'interface de commande 24 déclenche par l'intermédiaire des lignes pilotées, pour les cellules dont l'écart de tension par rapport à la valeur minimale des tensions de toutes les cellules est supérieur à une valeur Ecart\_tension\_maximum, le contournement d'une partie du courant  
30 égale à I<sub>incrément</sub>, qui est, dans cet exemple, de 10% du courant de charge.

Cette valeur Ecart\_tension\_maximum est comprise entre 25 mV et 200 mV, de préférence entre 30 mV et 100 mV.



Si l'écart de tension d'une cellule par rapport à la tension minimum des cellules est inférieur à une valeur *Ecart\_tension\_minimum* comprise entre 10 mV et 100 mV, de préférence entre 20 mV et 60 mV, l'interface de commande 24 ouvre le déclencheur de contournement de cette cellule.

- 5 La valeur *Ecart\_tension\_minimum* est nécessairement inférieure ou égale à *Ecart\_tension\_maximum*.

Cette phase de charge se passe jusqu'à ce qu'une cellule atteigne son seuil de tension maximum, *Umax\_fin\_charge*, comprise entre 3,1 V et 3,7 V et de préférence entre 3,2 V et 3,5 V.

- 10 A ce stade de la charge, le comparateur de tension 18,19 ou 20 de la cellule qui a atteint son seuil de tension maximum agit sur le déclencheur de dérivation 12,13 ou 14 associé et dérive un courant équivalent à *I\_incrément* par l'intermédiaire de la résistance 15,16 ou 17 associée. Simultanément, l'interface de commande 24 du module demande au chargeur 1 d'augmenter le courant de charge d'une valeur *I\_incrément* comprise entre 0,5 A et 5 A, et de préférence
- 15 entre 1 A et 2 A.

- L'interface de commande 24 commande alors la réduction graduelle du courant de charge d'une valeur prédéterminée de telle sorte que la tension aux bornes de chaque cellule n'excède pas *Umax\_fin\_charge*. La réactualisation
- 20 du courant est donc permanente à des intervalles de quelques secondes.

- Quand les autres cellules atteignent successivement leur tension prédéterminée le courant *I\_incrément* est également dérivé par rapport à elles, et le courant de charge est baissé jusqu'à un courant égal à *I\_incrément*. Le courant traversant une cellule dont la tension est au moins à *Umax\_fin\_charge*
- 25 est alors nul. Si la tension aux bornes d'une cellule est inférieure à ce seuil, la charge continue avec une valeur égale à *I\_incrément*.

La capacité surfacique de chaque cellule dépend du temps de charge maximum et du courant de charge admissible et se calcule suivant la formule

$$C_{\text{max\_charge}} = \frac{(\alpha T + \beta) \cdot S}{I_{\text{charge}}} \text{ en } \frac{\text{mAh}}{\text{cm}^2} \text{ où } \alpha \text{ est égal à } 0,01 \frac{\text{mA}^2}{\text{Kcm}^4} \text{ et } \beta \text{ est compris}$$

- 30 entre  $3,3 \frac{\text{mA}^2}{\text{cm}^4}$  et  $3,2 \frac{\text{mA}^2}{\text{cm}^4}$ , et de préférence entre  $3,24 \frac{\text{mA}^2}{\text{cm}^4}$  et  $3,26 \frac{\text{mA}^2}{\text{cm}^4}$ .

*S* est la surface de chaque cellule exprimée en  $\text{cm}^2$  et *I\_charge* est le courant de charge suivant la formule précitée.

Le procédé de l'invention va maintenant être décrit en référence à l'organigramme de la figure 2.

Le procédé commence par une étape de démarrage 100, au cours de laquelle les cellules 5,6,7 sont connectées en série et aucun contournement de cellule n'est réalisé.

Au cours d'une deuxième étape 101, on vérifie si le chargeur 1 est connecté au module 4. Dans la négative, on revient à l'étape de démarrage 100 car la charge n'est possible qu'avec le chargeur 1 connecté. Dans l'affirmative, une charge est possible. Alors à l'étape 102, on mesure les températures de chacune des cellules 5,6,7 et on compare chacune de celles-ci à une température maximale de début de charge. Si la température d'une ou de plusieurs des cellules 5,6,7 est au-dessus de ladite température maximale, au cours de l'étape 103, on arrête le chauffage du module 4. Si la température de toutes les cellules 5,6,7 est au-dessous de ladite température maximale, le chauffage du module est déclenché au cours de l'étape 104.

La prochaine étape 105 consiste à comparer les températures de chacune des cellules 5,6,7 à une température de seuil minimum de début de charge. Si la température des cellules 5,6,7 est au-dessous de la température minimum, on retourne à l'étape 101 en formant ainsi une boucle de vérification de température du module 4.

Dans le cas contraire, on passe à l'étape 106 de mesure de tension et de comparaison avec une tension maximale de début de charge.

Si la température de chacune des cellules 5,6,7 est entre les deux températures limites, on met en oeuvre l'étape 106 de mesure de la tension de chacune des cellules et on compare celle-ci avec une tension maximale de début de charge. Si la tension de toutes les cellules 5,6,7 est au-dessous de cette tension de seuil, on retourne à l'étape 102.

Sinon, on calcule lors de l'étape 107, un courant de charge en fonction de la température et au cours de l'étape 108, on commence à introduire un courant dans le module 4 qui est fonction de la température du module.

Au cours de l'étape 110, on surveille si dans une des cellules 5,6,7, la tension atteint ou dépasse la tension de seuil qui indique la fin de la charge pour cette cellule. Quand la tension dans la cellule atteint, ou dépasse la tension de seuil, on dérive une partie du courant traversant cette cellule 111,112. En outre,

si ladite cellule est la première à atteindre la tension de seuil de fin de charge, au cours des étapes 113 et 114, on augmente le courant du chargeur d'une valeur  $I_{\text{incrément}}$ . Le courant dérivé par rapport à la cellule est égal à ladite augmentation  $I_{\text{incrément}}$ .

5 Il en résulte que chaque cellule qui n'a pas atteint son niveau de charge nécessaire est alimentée avec un courant supérieur à celui des cellules qui ont déjà atteint le niveau de charge nécessaire.

Au cours de l'étape 115, les cellules chargées reçoivent encore du courant de charge, et on surveille si la tension de chacune des cellules ne  
10 commence pas à augmenter. Si c'est le cas, on diminue au cours de l'étape 116, le courant du chargeur d'une valeur  $I_{\text{décrément}}$ . Ainsi, on évite une surcharge des cellules déjà chargées.

L'étape 117 consiste à vérifier si la dérivation de courant est déjà déclenchée pour toutes les cellules 5,6,7.

15 Dans la négative, on recommence la procédure par l'étape 101.

Si oui, toutes les cellules 5,6,7 sont à l'état chargé et prêtes à être utilisées. On réduit alors au cours de l'étape 118, le courant du chargeur à la valeur  $I_{\text{incrément}}$ , ce qui a comme conséquence que le courant dans les cellules devient nul.

20 Aussi longtemps qu'aucune des cellules n'a pas atteint ou dépassé sa tension de seuil, ce qui est vérifié lors de l'étape 110, le procédé de contournement partiel de courant se déroule selon un processus différent du précédent et qui va être décrit en référence aux étapes 120 à 127.

Il s'agit d'une boucle qui est exécutée pour chacune des cellules 5,6,7  
25 du module.

On commence par la première cellule 5 (étape 120) et on vérifie si une partie du courant est déjà dérivée par rapport à cette cellule (étape 121).

Si le courant n'est pas dérivé partiellement, on vérifie à l'étape 122 si le décalage entre la tension de cette cellule et la valeur minimale des tensions de  
30 toutes les cellules du module est plus grand qu'un écart maximal permis.

Si la tension de la cellule considérée est suffisamment proche de la tension minimale de toutes les cellules, on continue d'appliquer la totalité du courant de charge à cette cellule. Sinon, c'est-à-dire, si la tension de la cellule est trop élevée par rapport à la tension minimale des cellules, une partie du

courant de charge est dérivé par rapport à cette cellule, ce qui est réalisé à l'étape 123.

Dans le cas, où la vérification du contournement partiel du courant (étape 121) a comme résultat qu'une partie du courant est déjà dérivée par rapport à cette cellule, on procède à la vérification si la tension de cette cellule n'est pas trop proche de la tension minimale de toutes les cellules (étape 124). Si oui, la dérivation partielle est arrêtée et ainsi la totalité du courant de charge traverse cette cellule (étape 125). Il en résulte une charge accélérée de cette cellule.

Au cours de l'étape 126, on vérifie si on a déjà vérifié la tension de toutes les cellules. Dans la négative, on passe à la cellule suivante au cours de l'étape 127.

Si oui, on retourne à l'étape 101 de vérification de la connexion du chargeur.

La Figure 3 représente à titre d'exemple l'allure de la charge d'un module de quatre cellules en série.

La charge commence au temps  $t_0$  avec un courant de charge  $I_c$  ( $I_{charge}$ ) qui circule à travers les quatre cellules. La tension des quatre cellules est la tension minimale de début de charge ( $U_{mdcc}$ ) et la tension du module est la tension minimale de début de charge ( $U_{mdcm}$ ). Les cellules se chargent à des vitesses différentes, dans un ordre quelconque.

On admet pour l'exposé que la cellule III se charge le plus vite jusqu'au temps  $t_1$ . A ce moment l'écart de tension de cette cellule par rapport à la cellule qui se charge le moins vite (par exemple cellule II) devient plus grand que l'écart permis par l'interface de commande 24 et un courant  $I_i$  ( $I_{incrément}$ ) est dérivé par rapport à la cellule III.

En conséquence, la tension de la cellule III baisse et cette cellule se charge moins vite.

Au temps  $t_2$ , la tension de la cellule IV a également atteint par rapport à la tension de la cellule II un écart tel qu'un courant  $I_i$  est dérivé par rapport à cette cellule IV.

Au temps  $t_3$ , l'écart de la cellule III par rapport à la cellule II tombe au-dessous d'un seuil permis par l'interface de commande 24 et de nouveau tout le

courant  $I_c$  est appliqué à la cellule III. Son processus de charge est alors accéléré.

Au temps  $t_4$ , il se passe la même chose pour la cellule IV qu'au temps  $t_3$  pour la cellule III.

5            Entre  $t_4$  et  $t_5$ , toutes les cellules sont chargées par  $I_c$  quand la première cellule (cellule III dans ce cas) atteint la tension de fin de charge ( $U_{mfcc}$ ).

10           Le courant de charge est alors incrémenté de la valeur  $I_i$ , mais la cellule III est contournée par ce courant grâce au système de contournement partiel. Pour empêcher une surcharge de cette cellule, le courant est successivement baissé. L'une après l'autre les cellules IV, I et II atteignent la tension de fin de charge ( $U_{mfcc}$ ) aux temps  $t_6$ ,  $t_7$ ,  $t_8$ .

A la fin de la charge, le courant appliqué à chaque cellule est 0, tandis que le courant de charge est égal à  $I_i$ .

15           La tension finale du module est appelée  $U_{mfc}$

Ainsi le niveau de charge des cellules peut être égalisé et optimisé avec des composants électroniques relativement simples et bon marché.

Le procédé et le dispositif selon l'invention ont comme avantages de :

20           - maximiser et d'égaliser le niveau de charge des cellules sans avoir recours à une étape de surcharge préjudiciable pour la fonctionnalité et la sécurité du module ;

- réduire le temps de charge du module en optimisant le courant de charge ;

25           - maximiser le niveau de charge des cellules en fonction de la température du module ;

- éviter de recourir à une électronique de puissance coûteuse pour le contournement des cellules ;

30           - éviter de recourir à un système de refroidissement par fluide caloporteur pour évacuer la chaleur dissipée comme c'est le cas dans un système de contournement total.

L'invention peut s'appliquer en plus :

- pour l'alimentation des équipements électriques embarqués et le démarrage des véhicules électriques ou des véhicules thermiques avec ou sans autonomie électrique;

- pour les alimentations électriques de secours;
  - pour les centrales électriques comprenant au moins un moyen de production d'électricité par énergie renouvelable (photovoltaïque, éolienne, biomasse...);
- 5           - pour le stockage de l'électricité sur le réseau électrique.

### REVENDICATIONS

1 - Procédé de charge de plusieurs cellules (5,6,7) électrochimiques, notamment des cellules Lithium-Polymère, connectées en série, à un chargeur (1) permettant le réglage de la tension et du courant de charge, procédé dans lequel on détecte en permanence la tension de chaque cellule et lorsqu'une cellule a atteint un seuil de tension prédéterminé, on dérive le courant de cette cellule, caractérisé en ce que lorsqu'une première cellule atteint le seuil de tension, on applique un incrément au courant de charge desdites plusieurs cellules (5,6,7) et simultanément on branche en parallèle à ladite cellule, une résistance de dérivation d'un courant équivalent à l'incrément du courant de charge desdites plusieurs cellules (5,6,7) et en ce que lorsque chacune des cellules suivantes atteint ledit seuil de tension, on branche également en parallèle à chaque cellule, une résistance de dérivation d'un courant égale à l'incrément du courant de charge desdites plusieurs cellules (5,6,7).

2 - Procédé de charge de plusieurs cellules électrochimiques selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à partir du moment où l'incrément est appliqué au courant de charge desdites plusieurs cellules, si la partie du courant non dérivé provoque un surcharge dans une des cellules qui a atteint le seuil de tension, on applique au moins un décrétement au courant de charge jusqu'à ce que la tension de ladite cellule soit de nouveau égale au seuil de tension.

3 - Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le courant qu'on dérive est compris entre 1% à 30%, et de préférence de 5% à 15% du courant de charge de toutes les cellules (5,6,7).

4 - Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le courant de charge de toutes les cellules (5,6,7) est calculé en fonction de la température de chacune des cellules.

5 - Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que si la température d'une au moins des cellules est en dehors d'une plage de températures souhaitée, on chauffe ou on laisse refroidir les cellules jusqu'à ce que leur température soit dans la plage souhaitée.

6 - Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la plage de températures est comprise entre 40°C et 110°C, et de préférence entre 50°C et 100°C.

7 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le courant de charge est calculé selon la formule :  $I_{charge} = A \exp \left[ \frac{-B}{2T} \right] \cdot S$

où S est la surface libre des cellules à charger, A est compris entre  $80 \frac{mA}{cm^2}$  et  $150 \frac{mA}{cm^2}$ , et de préférence entre  $105 \frac{mA}{cm^2}$  et  $110 \frac{mA}{cm^2}$  et B est compris entre 4200 K et 4800 K, et de préférence entre 4400 K et 4600 K.

8 - Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la capacité surfacique de chaque cellule est calculée selon la formule  $C_{max\_charge} =$

$\frac{(\alpha T + \beta) \cdot S}{I_{charge}}$  où  $\alpha$  est égal à  $0,01 \frac{mA^2}{Kcm^4}$  et  $\beta$  est compris entre  $3,3 \frac{mA^2}{cm^4}$  et  $3,2 \frac{mA^2}{cm^4}$ , et de préférence entre  $3,24 \frac{mA^2}{cm^4}$  et  $3,26 \frac{mA^2}{cm^4}$ , et

S est la surface de chaque cellule exprimée en  $cm^2$  et  $I_{charge}$  est le courant de charge suivant la formule de la revendication 7 et en ce que le temps de charge est compris entre 5 et 15 heures, de préférence entre 7 et 10 heures.

9 - Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'avant qu'une cellule ait atteint le seuil de tension et lorsque l'écart de tension entre cette cellule et une cellule ayant une tension de charge minimale est supérieur à une valeur prédéterminée, on dérive une partie du courant de charge de cette cellule.

10 - Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que ledit écart de tension est compris entre 10 mV et 200 mV.

11 - Dispositif de charge de plusieurs cellules (5,6,7) électrochimiques, notamment des cellules Lithium-Polymère, connectées en série à un chargeur (1) permettant le réglage de la tension et du courant de charge, pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, ledit dispositif comprenant des moyens de détection de la tension (21,22,23) de chaque cellule, des moyens de dérivation de courant (15,16,17) de chaque cellule, des moyens de connexion (12,13,14) desdits moyens de dérivation à chaque cellule (5,6,7), caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de comparaison de la tension de chaque cellule à un seuil de tension (18,19,20), des moyens d'application d'un incrément (24) au courant de charge desdites plusieurs cellules (5,6,7) lorsque la tension dans l'une desdites plusieurs cellules



(5,6,7) atteint un seuil de tension et des moyens de dérivation d'une partie du courant (15,16,17) équivalent à l'incrément.

12 - Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que les moyens de détection de la tension de chaque cellule comprennent un capteur de tension (21,22,23), associé à chaque cellule, les moyens de dérivation de courant de chaque cellule comprennent une résistance (15,16,17), associée à chaque cellule, les moyens de connexion desdits moyens de dérivation comprennent un déclencheur (12,13,14), associé à chaque cellule, les moyens de comparaison de tension comprennent un capteur de tension (21,22,23) associé à chaque cellule relié à une unité de commande (24), qui pilote lesdits déclencheurs (12,13,14), les moyens d'application d'un incrément au courant de charge comprennent ladite unité de commande (24).

13 - Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'unité de commande (24) comprend en outre des moyens de comparaison des sorties des capteurs de température (25,26,27) de chaque cellule (5,6,7) à un seuil de température.



1/3

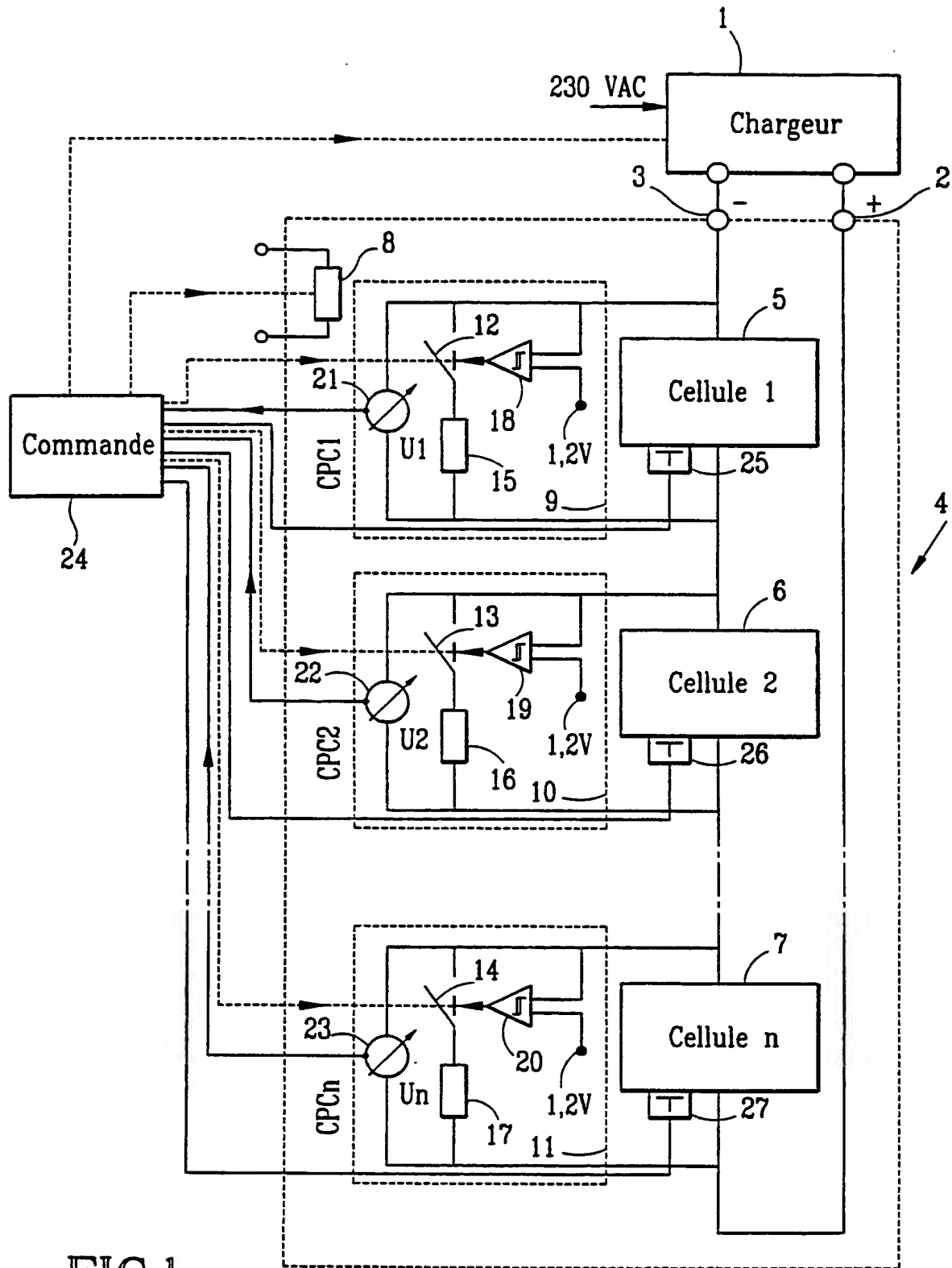
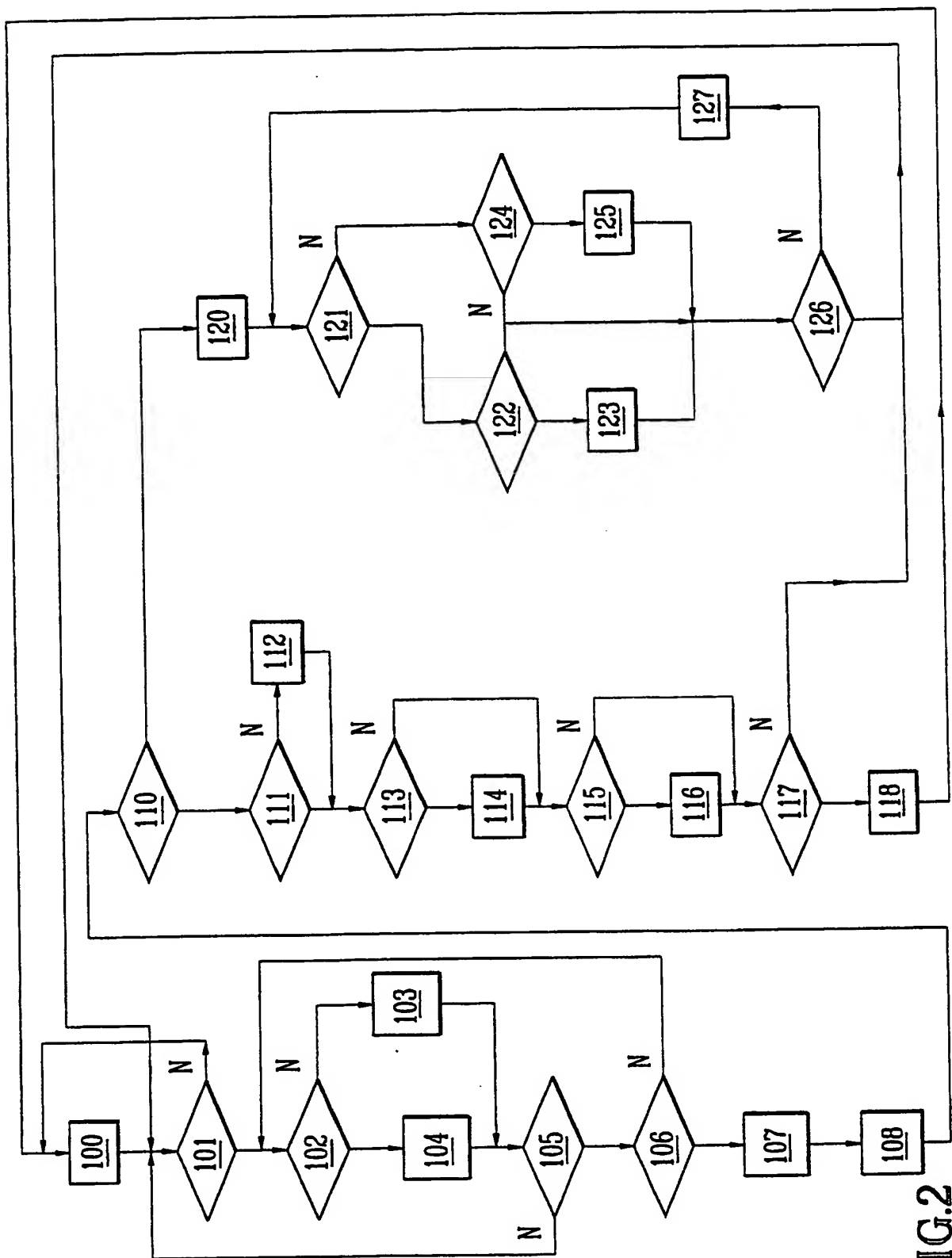


FIG.1







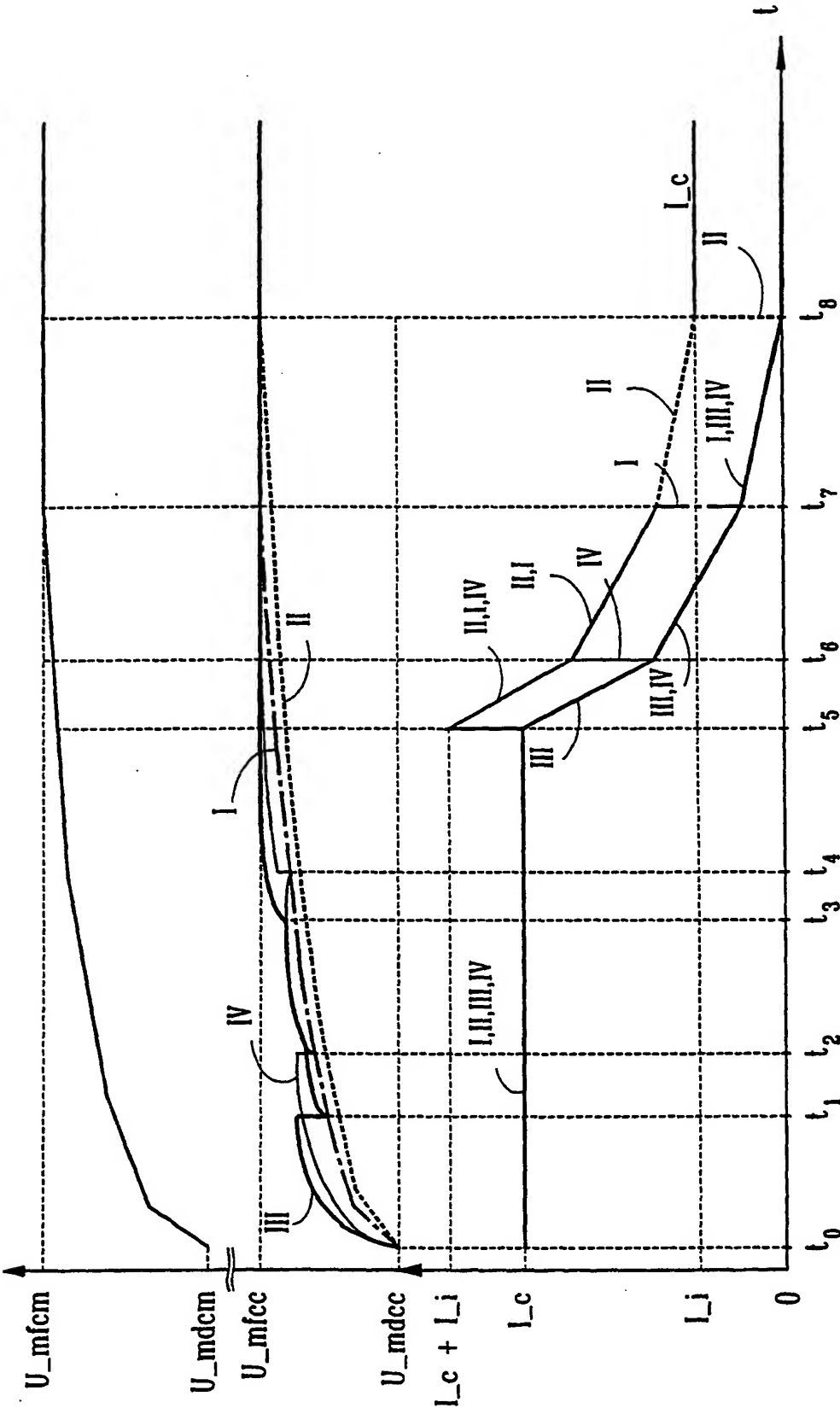


FIG.3





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat'l Application No

PCT/FR 00/01726

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H02J7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 798 839 A (GEN MOTORS CORP) 1 October 1997 (1997-10-01) ---	
A	WO 96 12333 A (ACCUMULATEURS FIXES ;PERELLE MICHEL (FR)) 25 April 1996 (1996-04-25) ---	
A	US 5 773 959 A (TEOFILO VINCENT L ET AL) 30 June 1998 (1998-06-30) ---	
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 October 2000

Date of mailing of the international search report

19/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lampe, S

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/01726

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>LINDEMARK B: "INDIVIDUAL CELLVOLTAGE EQUALIZERS (ICE) FOR RELIABLE BATTERY PERFORMANCE" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS ENERGY CONFERENCE (INTELEC) IEEE, vol. CONF. 13, 1991, pages 196-201, XP000314580 US, NEW YORK ISBN: 0-87942-670-5</p> <p>---</p>	
A	<p>BJÖRK D: "Maintenance of batteries" PROCEEDING OF THE INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS ENERGY CONFERENCE (INTELEC), 19 - 22 October 1986, pages 355-360, XP002133286 Toronto, Canada</p> <p>-----</p>	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/01726

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0798839 A	01-10-1997	US 5850351 A	15-12-1998
WO 9612333 A	25-04-1996	FR 2725849 A	19-04-1996
		DE 69510769 D	19-08-1999
		DE 69510769 T	02-03-2000
		EP 0734605 A	02-10-1996
		JP 9507378 T	22-07-1997
		US 5677613 A	14-10-1997
US 5773959 A	30-06-1998	NONE	



2

3

4

5

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demar internationale No

PCT/FR 00/01726

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H02J7/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H02J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 798 839 A (GEN MOTORS CORP) 1 octobre 1997 (1997-10-01) ---	
A	WO 96 12333 A (ACCUMULATEURS FIXES ;PERELLE MICHEL (FR)) 25 avril 1996 (1996-04-25) ---	
A	US 5 773 959 A (TEOFILO VINCENT L ET AL) 30 juin 1998 (1998-06-30) ---	
	--- -/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

12 octobre 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/10/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Lampe, S

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 00/01726

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>LINDEMARK B: "INDIVIDUAL CELLVOLTAGE EQUALIZERS (ICE) FOR RELIABLE BATTERY PERFORMANCE"</p> <p>PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS ENERGY CONFERENCE (INTELEC) IEEE, vol. CONF. 13, 1991, pages 196-201, XP000314580</p> <p>US, NEW YORK</p> <p>ISBN: 0-87942-670-5</p> <p>----</p>	
A	<p>BJÖRK D: "Maintenance of batteries"</p> <p>PROCEEDING OF THE INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS ENERGY CONFERENCE (INTELEC),</p> <p>19 - 22 octobre 1986, pages 355-360, XP002133286</p> <p>Toronto, Canada</p> <p>-----</p>	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demar internationale No

PCT/FR 00/01726

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0798839 A	01-10-1997	US 5850351 A	15-12-1998
WO 9612333 A	25-04-1996	FR 2725849 A	19-04-1996
		DE 69510769 D	19-08-1999
		DE 69510769 T	02-03-2000
		EP 0734605 A	02-10-1996
		JP 9507378 T	22-07-1997
		US 5677613 A	14-10-1997
US 5773959 A	30-06-1998	AUCUN	



1  
2  
3  
4

1  
2  
3  
4

1



I: MISS PRISCILLA M. MAKOVSKI, of 138 Hagley Road, Edgbaston, Birmingham, B16 9PW, do hereby declare that I am the translator of the documents attached of PCT Application No. PCT/FR00/01726 and certify that the following is a true translation to the best of my knowledge and belief.

P. M. Makovski

MISS PRISCILLA M. MAKOVSI

Dated this 28<sup>th</sup> day of December

2001

